

省スペース，低振動，高精度な
温度制御装置を作るために

ペルチェ素子の使い方と その駆動回路

森本晃弘/中野吉信
Akihiro Morimoto/Yoshinobu Nakano

はじめに

皆さんの中で「ペルチェ素子」または「サーモ・エレクトリック・クーラ」という言葉を耳にしたことがある人はどれだけのいるでしょうか。一部の人は大学の半導体工学で聞かれたことがあるかもしれません。

ペルチェ素子は電気部品でありながら、熱力学など機械工学の要素を含んでいるため、電気系技術者の皆さんの中にはアレルギーをもった人もいられるでしょう。そこで、本稿では基本的な理論式や実際の設計例とともに、熱電変換素子であるペルチェ素子(写真1)の使い方をわかりやすく紹介します。少しでもそのアレルギーを取り除くことができればと思います。

ペルチェ素子のあらまし

● ペルチェ効果とゼーベック効果の発見

ペルチェ素子の歴史は古く、1834年にさかのぼります。

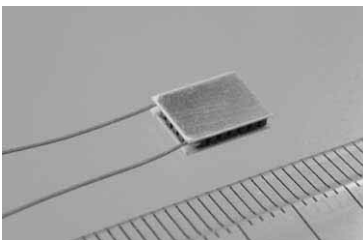
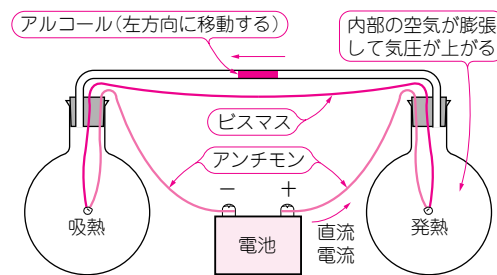
ペルチェ(J. C. A Peltier, 仏)は、図1に示す異なる金属を接合した回路に直流を流すと、一方の接合部で吸熱、他方の接合部で発熱が起こり、電流の向きを変えると、吸熱部と発熱部が入れ替わることを発見しました。左側のフラスコ内では空気が冷却、右側では

空気が加熱されるため、二つのフラスコを接続しているガラス管内のアルコールが右側フラスコの空気に押されて右から左に移動することを示しています。これをペルチェ効果と呼びます。

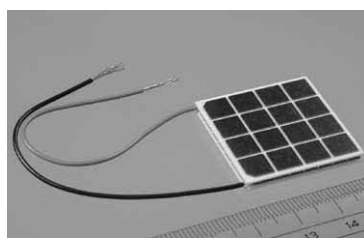
これよりも前、1821年にゼーベック(T. J. Seebeck, 独)は異なる金属を接合して回路を作り、接合部の一方を加熱したところ、回路内に置いた磁針が振れる、つまり電流が流れていることを発見しました。これをゼーベック効果と呼びます。温度測定に使用する銅-コンスタンタンなどの熱電対は、このゼーベック効果を利用して起電力で温度測定を行っています。

このように、異なる金属を接合して、可逆現象であ

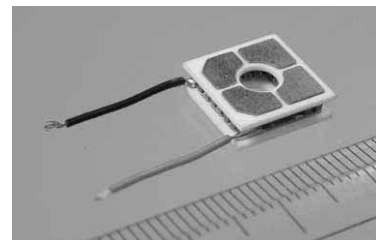
〈図1〉ペルチェの実験…異なる金属を接合した回路に直流を流すと一方の接合部で吸熱、他方の接合部で発熱が起こる



(a) EP-06E046-RTO ($I_{max}=1.81\text{ A}$, $V_{max}=2.62\text{ V}$, $Q_{max}=2.94\text{ W}$, $\Delta T_{max}=71.7\text{ }^\circ\text{C}$, $8.2\text{ mm}\times 6.0\text{ mm}\times 1.65\text{ mm}$, 焼結材)



(b) TN-11D254-QDO ($I_{max}=6.91\text{ A}$, $V_{max}=15.62\text{ V}$, $Q_{max}=67.04\text{ W}$, $\Delta T_{max}=72.5\text{ }^\circ\text{C}$, $30.2\text{ mm}\times 30.2\text{ mm}\times 3.12\text{ mm}$, 結晶材)



(c) TN-08G036-HDO ($I_{max}=2.09\text{ A}$, $V_{max}=2.21\text{ V}$, $Q_{max}=2.87\text{ W}$, $\Delta T_{max}=72.5\text{ }^\circ\text{C}$, $11.5\text{ mm}\times 11.5\text{ mm}\times 3.72\text{ mm}$, 結晶材)

〈写真1〉スタンダード・タイプのペルチェ(特性値はすべて $T_H=27\text{ }^\circ\text{C}$ のとき) [アイシン精機㈱]

るペルチェ効果およびゼーベック効果を得るものを「熱電変換素子」と総称しています。実際には、大きな効果が得られるよう使用材料や構造などを個別に最適設計しており、ペルチェ・モジュール、ゼーベック・モジュールというふうに区別しています。

● 基本構造と動作

図2に示すように、ペルチェはP型とN型の熱電半導体を銅電極にはんだ付けした構造になっています。N型からP型へ直流電流を流すと、上の接合面から熱を吸収して下の接合面へ熱を運びます。逆に、P型から電流を流すと、熱は下から上へ流れるようになります。

このときエネルギーの保存則が成立しています。吸熱量 Q_C とペルチェの消費電力 Q_{in} の和が放熱量 Q_H となるため、ヒートシンクを接合し、ファンで送風するなどの放熱手段が必要です。放熱能力が十分でないと、温度が上昇して冷却面に熱が逆流します。

一般に、ペルチェ・モジュールとかサーモ・モジュールと呼ばれるものは、複数組のP型とN型の熱電素子を電気的に直列接続し、吸熱量が大きく取れる構造にしたものです。本稿では、これらを「ペルチェ・モジュール」または単に「ペルチェ」と呼びます。

ペルチェの長所短所とその応用

■ コンプレッサ式冷却との違い

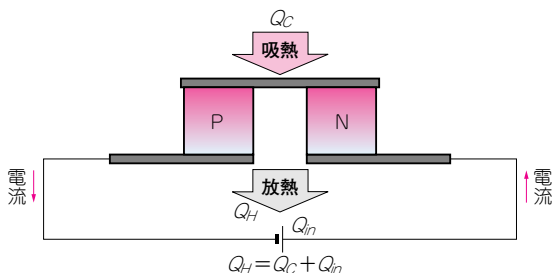
冷却手段としては、冷蔵庫やエアコンに代表されるコンプレッサ式が一般的です。では、なぜペルチェを使う必要があるのでしょうか？

ここでは、コンプレッサ式に対するペルチェの長所と短所からその理由を考えます。

▶ 長所

- 基本構成はペルチェと直流電源だけなので、コンパクトで振動がまったくないシステムを構成できる
- 高精度で応答の早い温度制御が可能
- フロンなどの冷媒が不要

〈図2〉ペルチェはP型とN型の熱電半導体を銅電極にはんだ付けした構造



- 極性を切り替えることで加熱も可能

▶ 短所

- 冷却効率が劣る。消費電力に対して吸熱できる熱量が少ない
- 大きな吸熱量を得るためには大容量の電源が必要

*

以上から、省スペースで低振動、そして精密な温度制御が要求される用途にペルチェは積極的に使われ、コンプレッサ式とのすみ分けがされています。

■ ペルチェ素子の種類

今日のペルチェ素子は、P型とN型の半導体材料としてビスマス・テルル合金を主成分とした材料を使っています。材料工法と組み付け構造の違いにより大きく分類できます。

● 材料は焼結材

原材料を溶融し、結晶成長させながら冷却して作る結晶材は、電気伝導率などの性能が得やすい特徴があります。しかし、ビスマス・テルル合金は、結晶成長の過程で結合の弱い部位が生じるため、**劈開性(割れやすい)**があり、**機械的強度が得にくい**欠点があります。

これに対して、結晶材を粉砕して、加熱、加圧して作る焼結材は、粒界による劈開面の拡大防止効果があるため、機械的強度が得られます。反面、結晶材と比較して高性能が得にくくなります。

現在は、焼結材の性能を高め、強度と性能を両立する開発が行われています。

● スタンダード・タイプ

図2に示すような、熱電半導体に銅電極を直接はんだ付けした構造では、上下面に接合する冷却部品やヒートシンクと導通してしまいます。

そこで、図3に示すように、絶縁性と熱伝導性をもつセラミックと銅などの電極を接合した2枚の基板の間に、複数組のP型とN型の熱電素子を配置して、は

〈図3〉スタンダード・タイプ・ペルチェの構造…絶縁性と熱伝導性をもつセラミックと、銅などの電極を接合した2枚の基板の間に、複数組のP型とN型の熱電素子が配置されている

